

0227130 FOTOGRAMETRİ

KAMERA KALİBRASYONU ÖDEV YÖNERGESİ

Giriş:

0227130 fotogrametri dersini alan öğrencilerin teorik dersleri izlemesinin yanında uygulamalı bir çalışma olan “Kamera Kalibrasyonu Ödevi” yapması gerekmektedir.

1- Problem Tanımı: Bir objektifte, cisimden gelen bir ışın optik eksenle α açısını yapıyorsa, çeşitli mercek hatalarından dolayı, objektiften çıkışta optik eksenle α' açısı yapacaktır. Böylece P noktasının görüntüsü, merkezsel izdüşüme göre olması gereken yerden Δr kadar farklı bir yerde meydana gelecektir. Bu hata hataya distorsyon hatası denir.

2- Ödevin Konusu:

- Çapsal ve Teğetsel distorsyon,
- Distorsyon eğrisi,
- self-calibration, çalışmanız beklenmektedir.

3- Ödevin Amacı:

Yapılacak bu ödevle öğrencilerin kavraması beklenen konular şunlardır:

- Kalibrasyon amaçlı resim nasıl çekilir ve neden?
- Kalibrasyon eğrisi ve katsayıları?
- Kalibrasyon raporu?

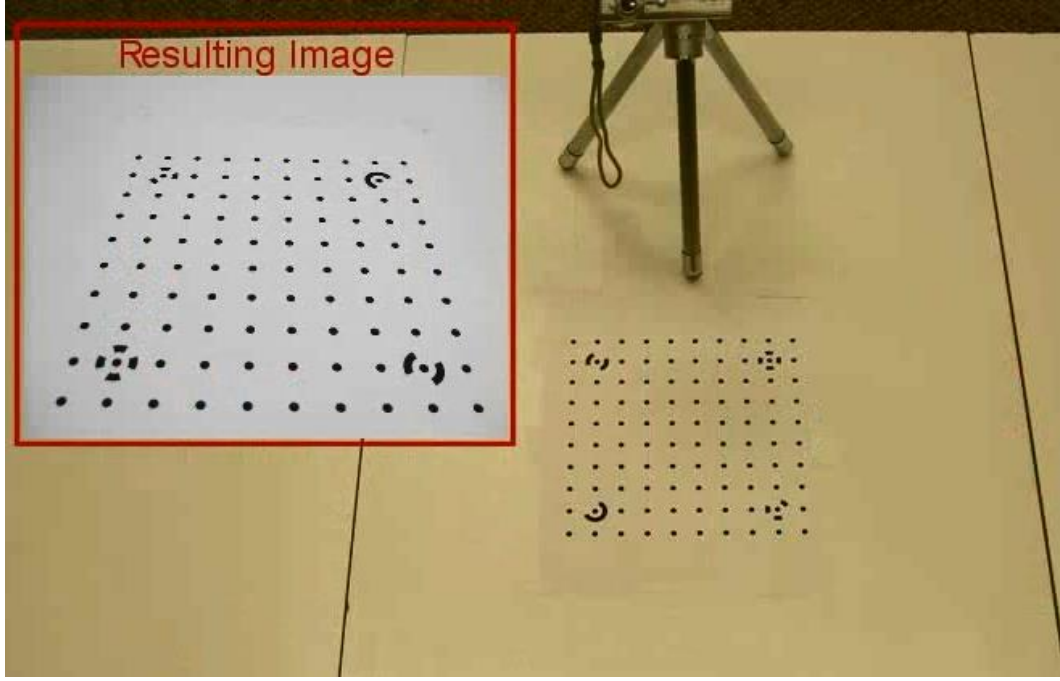
4- Ödevin Önemi:

Resim üzerinden doğru ölçme yapabilmek için distorsyon hata miktarı belirlenmelidir. Distorsyon eğrisi yardımıyla hata miktarı belirlenir ve her bir ölçmeye düzeltme getirilir.

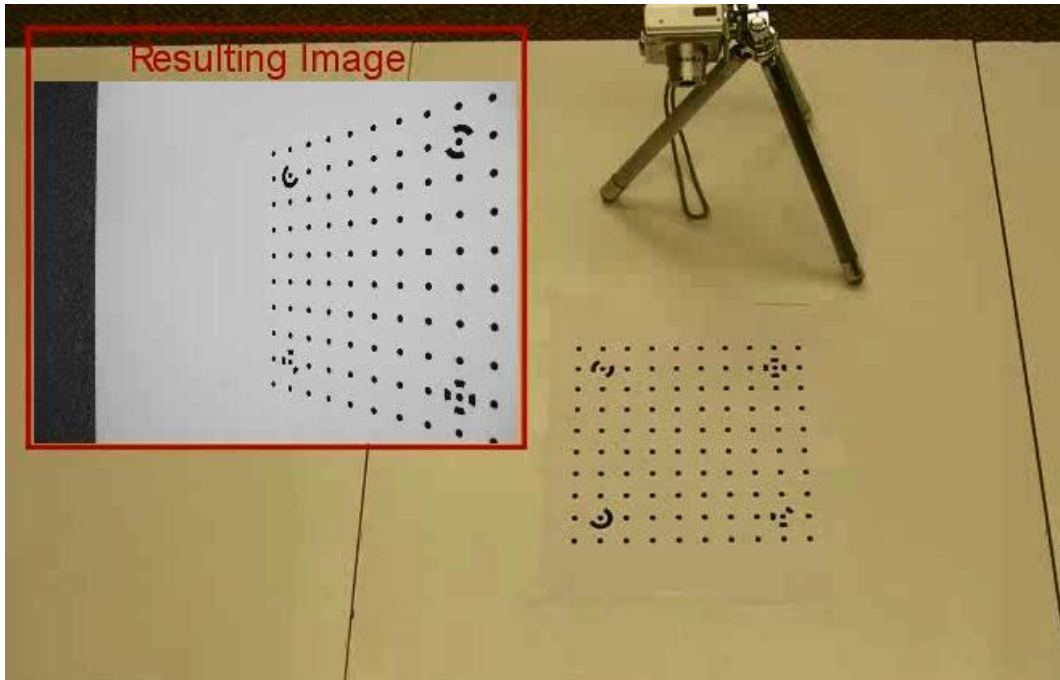
5- Kamera Kalibrasyonu Projesi Nasıl Hazırlanır?

5.1- Resim Çekimi:

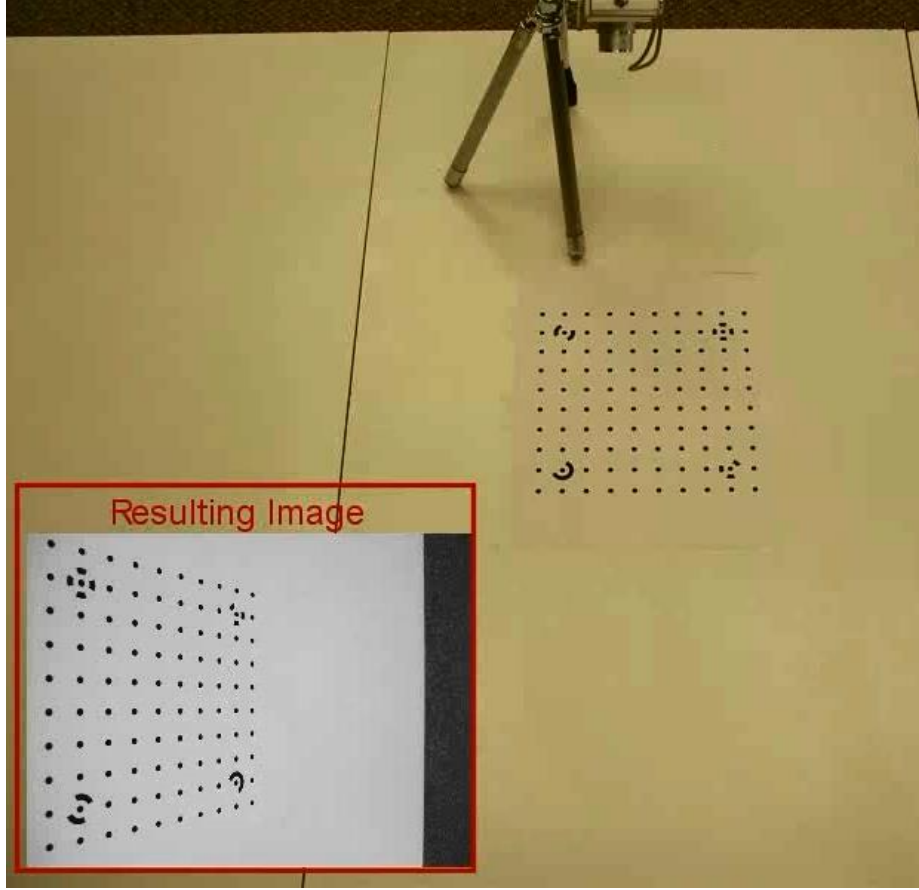
A4 boyutlarındaki hedef kağıt kullanılarak 6 ila 12 tane değişik açılardan resim çekilmelidir. Gün ışığının aydınlattığı bir ortamda, kamera flash'ı kullanmaya ihtiyaç duyulmayacak bir ortamda resim çekilmelidir. Çok fazla kolerasyon olan resimler kalibrasyon amaçlı kullanılmalıdır. Kamer vizörünü hedef %80 oranında doldurmalıdır. Resim çekimi aşağıdaki gösterildiği gibi yapılabilir. Şekil 1. deki gibi, hedefin dört kenarında resim çekilmelidir.



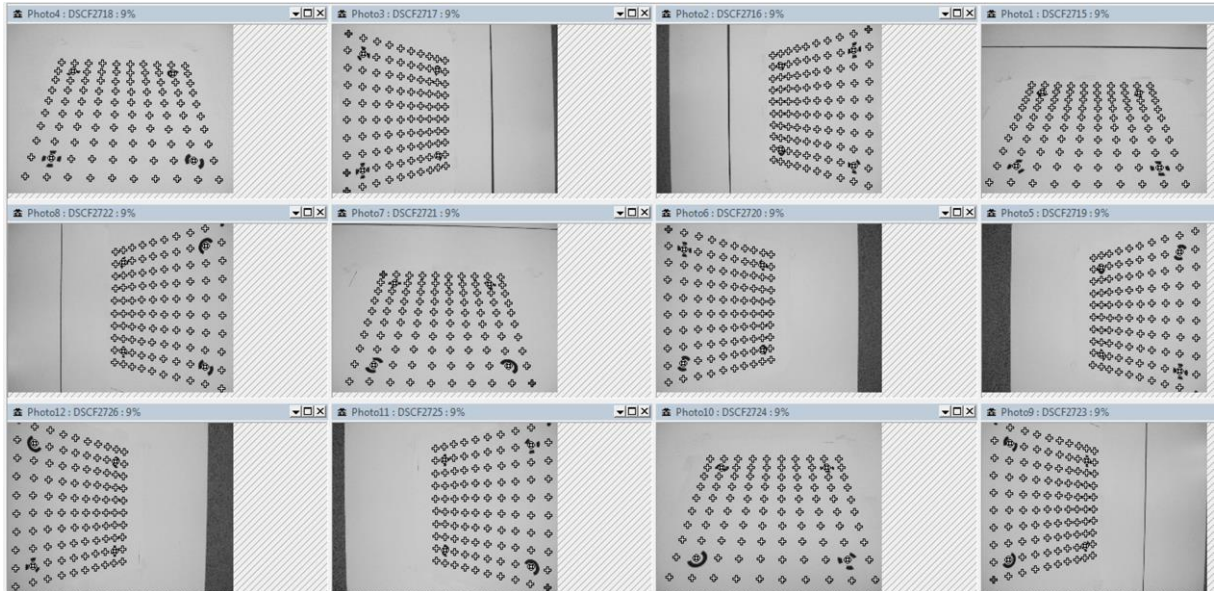
Şekil 1. Kamera normal konumda iken resim çekimi gösteriyor. Kameranın birinci konumu.



Şekil 2. Kamera sağ tarafa yatırılarak dik konuma getirilir. Kameranın ikinci konumudur. Tripod üzerindeki kamera Şekil 2. deki gibi +90 derece döndürülerek dik konuma getirilmelidir. Bu konumda dört resim daha çekilmelidir.



Şekil 3. Kamera sol tarafa yatırılarak dik konuma getirilir. Kameranın üçüncü konumudur. Tripod üzerindeki kamera Şekil 3. deki gibi -90 derece döndürülerek dik konuma getirilmelidir. Bu konumda dört resim daha çekilmelidir. Kameranın 3 konu ile toplam 12 resim Şekil 4. deki gibi çekim yapılmış olmalıdır.



Şekil 4. Kameranın üç konum ile on iki resim görünüşü.

Kalibrasyon hedefi üzerindeki işaretler net olarak görünmelidir. Resimlerde işaretler keskin değilse, fulü ise, resim çekimi yenilenmelidir.

5.2- Kalibrasyon Hesaplaması:

Brown (1971) formülleri kullanılarak çektiğimiz resimler değerlendirilecektir. Resim üzerindeki herhangi bir noktanın düzeltilmiş koordinatları 5.1 eşitliği ile hesaplanır.

$$\begin{aligned}x_c &= x + \Delta r_x + \Delta p_x \\y_c &= y + \Delta r_y + \Delta p_y\end{aligned}\quad (5.1)$$

x_c, y_c : Düzeltilmiş görüntü koordinatları

Δr_x : x eksenindeki radyal distorsyon miktarı

Δr_y : y eksenindeki radyal distorsyon miktarı

Δp_x : x eksenindeki tanjantial distorsyon miktarı

Δp_y : y eksenindeki tanjantial distorsyon miktarı

Standart dengelenmiş radyal distorsyon 5.2 eşitliği ile polinom şeklinde hesaplanır.

$$\Delta r = K_1 + K_2 * r^2 + K_3 * r^4 \quad (5.2)$$

Distorsyonun ikinci bileşeni tanjantial distorsyon 5.3 eşitliği ile hesaplanır.

$$\begin{aligned}\Delta p_x &= P_1 * (r^2 + 2 * x^2) + 2 * P_2 * x * y \\ \Delta p_y &= P_2 * (r^2 + 2 * y^2) + 2 * P_1 * x * y\end{aligned}\quad (5.3)$$

Distorsyon parametreleri K1, K2, K3, P1, P2 katsayıları bulunur. Kalibrasyonun doğruluğunu etkileyen faktörler Tablo 1. de özetlenmiştir.

Tablo 1. Resim çekimi ve doğruluk arasındaki ilişkiyi gösteriyor.

	Kamera Çözünürlüğü	Kamera kalibrasyon metodu	Resimler arasındaki açı (derece)	Fotoğraf yöneltme kalitesi	Foto Hataları	Hedefler
En düşük doğruluk	Video 640x480	Yok	15 den az	Her fotoğrafta birkaç nokta	Her resimde 2 nokta	Hedef yok, kullanıcı işaretleri var
Ortalama doğruluk	5-6 MegaPiksel	Inverse kamera Kamera kalibratör	20-90 arasında	15< nokta/foto, 25-60 bindirme	3< fotoğraf üzerindeki noktalar	Doğal hedefler
Çok yüksek doğruluk	11 MegaPiksel	Test alanı	60-90 arasında	35< nokta/foto, 50-80 bindirme	8< fotoğraf	Çok kaliteli doğal aydınlatma Yansıtıcı hedefler

5.3- Kalibrasyon Raporu:

Kalibrasyon raporu aşağıdaki bilgileri içermelidir:

3 adet koordinat, x_0 , y_0 , c (kamera koordinat sisteminin projeksiyon merkezi),

- Radyal distorsyon (örnek olarak k_1 , k_2 , k_3 , k_4),
- Tanjantial veya asimetrik distorsyon (örnek olarak p_1 , p_2 .)
- Görüntü çözünürlüğü

Örnek kalibrasyon raporu ekte verilmiştir.

6- Ödevlerin Sunumu:

Kalibrasyon raporunuz dosya halinde final sınav tarihinden 3 hafta önce teslim etmeniz gerekmektedir. Ödev dosyalarını nasıl hazırlayacağınıza dair örnek bir format da hazırlanıp internet üzerinden sizlere ulaştırılacaktır.

Sorular:

Bu ödevi yapmazsam ne olur?

Bu dersin değerlendirilmesi vize+final+ödev şeklinde olacaktır. 100 tam puan olan final notunun %20'si hazırlayacağınız bu ödevden verilecektir. Bu ödevi vermemeniz halinde final notunuz 80 üzerinden değerlendirilecektir.

Ödevi grup halinde yapmamız mümkün mü?

Hayır. Tüm çalışmalar bireysel olacaktır.

Fotoğrafları çekerken ne tür makine kullanmalıyım?

Tablo 1. de verilen kriterlere uygun yapılacaktır.

KAYNAKLAR:

DC Brown. A strategy for multi-camera on-the-job self-calibration. Institut Fur Photogrammetrie Stuttgart, Festschrift, Friedrich Ackermann, zum, 60, 1989.

Duane C. Brown. Close-range camera calibration. Photogrammetric Engineering, 37(8):855-866, 1971.

Örnek Kalibrasyon Raporu:

Number of photos oriented: 12	Correlations over 95.0%:	Value: -53.832329 deg
Global Optimization: on	Phi:99.4%	Deviation: Omega: 0.004 deg
Calibration: off	Yc	Phi
Constraints: on	Value: 0.228138	Value: 49.616814 deg
Total Error	Deviation: Y: 5.4e-005	Deviation: Phi: 0.002 deg
Number of Processing Iterations: 4	Correlations over 95.0%:	Kappa
Number of Processing Stages: 2	Omega:-99.2%	Value: -1.059369 deg
First Error: 1.780	Zc	Deviation: Kappa: 0.002 deg
Last Error: 0.981	Value: 0.198778	Xc
Precisions / Standard Deviations	Deviation: Z: 2.0e-005	Value: 0.816721
Photograph Standard Deviations	Photo 3: DSCF2717.JPG	Deviation: X: 3.3e-005
Photo 1: DSCF2715.JPG	Omega	Yc
Omega	Value: -3.861619 deg	Value: 0.756549
Value: -0.026298 deg	Deviation: Omega: 0.002 deg	Deviation: Y: 5.1e-005
Deviation: Omega: 0.001 deg	Correlations over 95.0%: Y:-	Zc
Correlations over 95.0%: Y:-	99.2%	Value: -0.544286
99.1%	Phi	Deviation: Z: 5.5e-005
Phi	Value: 1.881032 deg	Photo 6: DSCF2720.JPG
Value: -0.155154 deg	Deviation: Phi: 0.002 deg	Omega
Deviation: Phi: 0.002 deg	Correlations over 95.0%:	Value: -55.150131 deg
Correlations over 95.0%:	X:99.5%	Deviation: Omega: 0.004 deg
X:99.4%	Kappa	Phi
Kappa	Value: 89.256102 deg	Value: 47.744858 deg
Value: 0.143365 deg	Deviation: Kappa: 0.002 deg	Deviation: Phi: 0.002 deg
Deviation: Kappa: 0.001 deg	Xc	Correlations over 95.0%:
Xc	Value: 0.004211	X:95.5%
Value: -0.002970	Deviation: X: 5.9e-005	Kappa
Deviation: X: 3.5e-005	Correlations over 95.0%:	Value: 180.043662 deg
Correlations over 95.0%:	Phi:99.5%	Deviation: Kappa: 0.002 deg
Phi:99.4%	Yc	Xc
Yc	Value: 0.252223	Value: 0.798312
Value: 0.000774	Deviation: Y: 5.7e-005	Deviation: X: 3.9e-005
Deviation: Y: 3.0e-005	Correlations over 95.0%:	Correlations over 95.0%:
Correlations over 95.0%:	Omega:-99.2%	Phi:95.5%
Omega:-99.1%	Zc	Yc
Zc	Value: 0.179541	Value: 0.820603
Value: -0.003687	Deviation: Z: 2.0e-005	Deviation: Y: 5.5e-005
Deviation: Z: 1.6e-005	Photo 4: DSCF2718.JPG	Zc
Photo 2: DSCF2716.JPG	Omega	Value: -0.520459
Omega	Value: -53.660670 deg	Deviation: Z: 6.2e-005
Value: -2.365502 deg	Deviation: Omega: 0.003 deg	Photo 7: DSCF2721.JPG
Deviation: Omega: 0.002 deg	Phi	Omega
Correlations over 95.0%: Y:-	Value: 44.852016 deg	Value: -102.486457 deg
99.2%	Deviation: Phi: 0.002 deg	Deviation: Omega: 0.002 deg
Phi	Kappa	Correlations over 95.0%:
Value: 0.778822 deg	Value: 90.001833 deg	Z:99.3%
Deviation: Phi: 0.002 deg	Deviation: Kappa: 0.001 deg	Phi
Correlations over 95.0%:	Xc	Value: 1.619713 deg
X:99.4%	Value: 0.741748	Deviation: Phi: 0.002 deg
Kappa	Deviation: X: 1.9e-005	Correlations over 95.0%:
Value: -90.688951 deg	Yc	X:99.6%
Deviation: Kappa: 0.001 deg	Value: 0.552007	Kappa
Xc	Deviation: Y: 3.4e-005	Value: -179.220819 deg
Value: -0.017173	Zc	Deviation: Kappa: 0.001 deg
Deviation: X: 5.8e-005	Value: -0.661438	Xc
	Deviation: Z: 3.6e-005	Value: -0.014395
	Photo 5: DSCF2719.JPG	Deviation: X: 4.3e-005
	Omega	

Correlations over 95.0%:	Yc	Deviation: Phi: 0.002 deg
Phi:99.6%	Value: 1.273876	Kappa
Yc	Deviation: Y: 2.9e-005	Value: 0.243210 deg
Value: 1.072210	Zc	Deviation: Kappa: 0.002 deg
Deviation: Y: 2.3e-005	Value: -1.244501	Xc
Zc	Deviation: Z: 5.4e-005	Value: -0.829455
Value: -1.326918	Correlations over 95.0%:	Deviation: X: 3.4e-005
Deviation: Z: 3.5e-005	Omega:99.7%	Yc
Correlations over 95.0%:	Photo 10: DSCF2724.JPG	Value: 0.756942
Omega:99.3%	Omega	Deviation: Y: 5.0e-005
Photo 8: DSCF2722.JPG	Value: -53.361371 deg	Zc
Omega	Deviation: Omega: 0.003 deg	Value: -0.551459
Value: -102.360816 deg	Phi	Deviation: Z: 5.4e-005
Deviation: Omega: 0.002 deg	Value: -43.908257 deg	Quality
Correlations over 95.0%:	Deviation: Phi: 0.002 deg	Photographs
Z:99.7%	Kappa	Total Number: 12
Phi	Value: -88.478987 deg	Bad Photos: 0
Value: 0.433944 deg	Deviation: Kappa: 0.001 deg	Weak Photos: 0
Deviation: Phi: 0.002 deg	Xc	OK Photos: 12
Correlations over 95.0%:	Value: -0.754991	Number Oriented: 12
X:99.6%	Deviation: X: 1.8e-005	Number with inverse camera
Kappa	Yc	flags set: 0
Value: 90.100291 deg	Value: 0.538215	Cameras
Deviation: Kappa: 0.001 deg	Deviation: Y: 3.1e-005	Camera1: FinePix F10 [8.00]
Xc	Zc	Calibration: yes
Value: -0.006629	Value: -0.689584	Number of photos using camera:
Deviation: X: 5.9e-005	Deviation: Z: 3.4e-005	12
Correlations over 95.0%:	Photo 11: DSCF2725.JPG	Average Photo Point Coverage:
Phi:99.6%	Omega	90%
Yc	Value: -53.160836 deg	Photo Coverage
Value: 1.214740	Deviation: Omega: 0.004 deg	Referenced points outside of the
Deviation: Y: 2.4e-005	Phi	camera's calibrated coverage
Zc	Value: -43.940690 deg	region:
Value: -1.198779	Deviation: Phi: 0.003 deg	Point Marking Residuals
Deviation: Z: 5.2e-005	Correlations over 95.0%:	Overall RMS: 0.125 pixels
Correlations over 95.0%:	X:96.8%	Maximum: 0.716 pixels
Omega:99.7%	Kappa	Point 2 on Photo 1
Photo 9: DSCF2723.JPG	Value: -179.116782 deg	Minimum: 0.090 pixels
Omega	Deviation: Kappa: 0.002 deg	Point 34 on Photo 2
Value: -105.463060 deg	Xc	Maximum RMS: 0.375 pixels
Deviation: Omega: 0.002 deg	Value: -0.754557	Point 2
Correlations over 95.0%:	Deviation: X: 3.9e-005	Minimum RMS: 0.063 pixels
Z:99.7%	Correlations over 95.0%:	Point 32
Phi	Phi:96.8%	Point Tightness
Value: 1.186397 deg	Yc	Maximum: 0.00035 m
Deviation: Phi: 0.002 deg	Value: 0.770784	Point 2
Correlations over 95.0%:	Deviation: Y: 5.2e-005	Minimum: 6.5e-005 m
X:99.5%	Zc	Point 66
Kappa	Value: -0.515989	Point Precisions
Value: -89.161044 deg	Deviation: Z: 5.7e-005	Overall RMS Vector Length:
Deviation: Kappa: 0.002 deg	Photo 12: DSCF2726.JPG	2.45e-005 m
Xc	Omega	Maximum Vector Length: 3.6e-
Value: -0.026079	Value: -55.844398 deg	005 m
Deviation: X: 6.1e-005	Deviation: Omega: 0.004 deg	Point 97
Correlations over 95.0%:	Phi	Minimum Vector Length: 2.34e-
Phi:99.5%	Value: -48.764873 deg	005 m